

В. И. БОЙКОВ, С. В. БЫСТРОВ, А. Н. КОРОВЬЯКОВ, И. П. САЛМЫГИН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОПРИВОДОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Экспериментально определены характеристики пьезоприводов с тонкопленочными низковольтными пьезоактюаторами. Проанализированы потенциально достижимые значения технических характеристик описываемых пьезоприводов для микроперемещений управляемых модулей прецизионных приборных устройств.

Ключевые слова: пьезоактюатор, математическая модель пьезопривода, параметры пьезокерамики.

Введение. В современном приборостроении одной из актуальных задач является реализация управляемых микроперемещений модулей (деталей) устройств прецизионных приборов. При этом погрешность линейных микроперемещений должна обеспечиваться на уровнях десятых либо сотых долей микрона при перемещениях на расстояния до сотен микрон.

Одним из эффективных, надежных и технологичных путей микроперемещений является применение пьезопроводов. Однако при этом возникает ряд проблем общетехнического конструктивного характера, а также сложностей в организации управления пьезопроводом. В настоящей статье обсуждаются вопросы использования в приборных пьезопроводах низковольтных тонкопленочных пьезоактюаторов.

Для проведения экспериментальных исследований был создан специализированный измерительный комплекс [1—4], позволяющий снимать статические и динамические характеристики как отдельных актюаторов, так и приводов и систем на их основе.

Особенности многослойной керамики. Технические характеристики пьезопроводов следующие:

- свободное перемещение (ход) зависит от конструкции, размеров и электрических свойств пьезоактюатора, он может изменяться от единиц до 300 мкм;
- развиваемая актюатором сила (усилие) достигает 5 кН;
- максимальное значение управляющего напряжения обычно составляет 1000 В для высоковольтных и 100—200 В — для низковольтных пьезоактюаторов;
- погрешность установления требуемого микроперемещения 0,05—0,1 мкм. Эта погрешность существенно зависит от конструкции пьезопровода, типа применяемого актюатора и в существенной степени определяется условиями эксплуатации пьезопровода. В частности, погрешность установления очень чувствительна к уровню механических вибрационных воздействий;
- значение емкостной нагрузки высоковольтного усилителя (емкость актюатора) определяет инерционные свойства пьезопровода как объекта управления.

Управляемый пьезопровод для микроперемещений состоит из пьезоактюатора, управляемого объекта и чувствительного элемента датчика микроперемещений, объединенных в единый конструктивный узел. Актюатор перемещает объект, с которым жестко связана подвижная часть датчика микроперемещений.

На рис. 1 приведена функциональная схема управляемого привода для микроперемещений. Управляющее воздействие формируется микропроцессором (МП) и через усилитель подается на актюатор. Сигнал, представляющий собой оценку реального положения (и микроперемещения) управляемого пьезоактюатором объекта, формируется датчиком микроперемещений. В качестве датчика микроперемещений используется емкостной датчик с чувствительным элементом специальной конструкции. Сигнал оценки реального микроперемещения передается в МП.

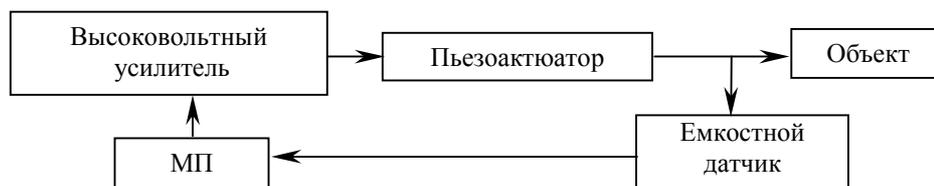


Рис. 1

На рис. 2 приведена типовая переходная характеристика тонкопленочного пьезоактюатора (Δ — перемещение, t — время). Колебательность процесса у тонкопленочной керамики сильно подавлена. Объясняется это свойство большой собственной емкостью керамики и высокой вязкостью материала.

На рис. 3 приведена типовая статическая характеристика многослойного пьезоактюатора, определенная по результатам стендовых испытаний. Из рисунка видна неоднозначность положения объекта при его прямом и обратном перемещениях. Максимальная неоднозначность характеристики (гистерезис) получается при перемещении объекта в полном диапазоне работы привода. Площадь петли гистерезиса пропорциональна энергетическим потерям, вызванным

внутренним трением слоев керамики, которая характеризует качество применяемого пьезоматериала. Гистерезис статической характеристики может достигать 20—30 % перемещения пьезоактюатора и негативно сказываться на динамических и точностных свойствах привода.

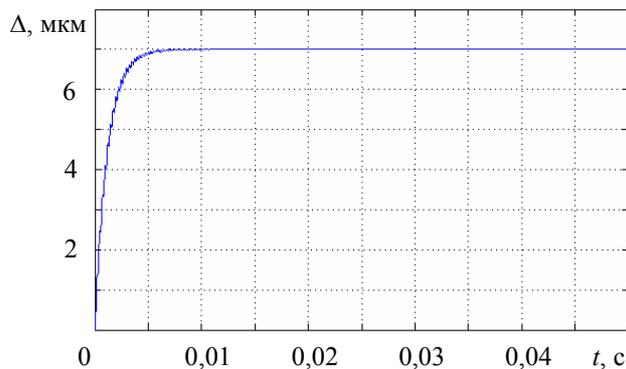


Рис. 2

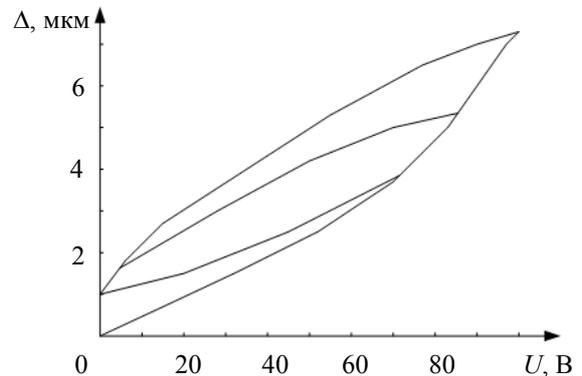


Рис. 3

Пьезокерамике присуще свойство ползучести. Изменение установившегося значения микроперемещения, реализуемого пьезоактюатором при постоянном входном напряжении высоковольтного усилителя, приводит к снижению точностных свойств привода.

Заключение. Для компенсации гистерезисных свойств и ползучести пьезоактюатора используется замкнутое по положению управление с контролем микроперемещения с помощью прецизионного датчика перемещений. Этот подход универсален. Требования к разрешающей способности (порогу чувствительности) датчика микроперемещений в данном случае оказываются весьма высокими. Обычно при диапазоне перемещений порядка 20 мкм требуется обеспечить разрешение датчика на уровне 0,05 мкм и меньше. Еще более жесткими оказываются требования к стабильности во времени параметров преобразовательной характеристики датчика микроперемещений.

Реализация управляемых микроперемещений объектов в прецизионном приборостроении с использованием пьезопроводов на основе низковольтных пленочных пьезоактюаторов и датчиков микроперемещений с чувствительными элементами специальной конструкции является комплексной научно-технической проблемой.

Все исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 07-08-12085-офи, 09-08-00857-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В., Обертон Д. Е. Пьезопровод на основе тонкопленочных пьезоактюаторов // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 11. С. 84—87.
2. Бобцов А. А., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В., Коровьяков А. Н. Комплекс для исследования адаптивного управления пьезопроводом // Сб. мат. 1-й Российской мультиконференции по проблемам управления. Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. С. 308—313.
3. Пат. РФ № 76138. Устройство для испытания пьезоэлектрического привода и его элементов / А. А. Бобцов, В. И. Бойков, С. В. Быстров, А. Б. Бушуев, В. В. Григорьев. 2008.
4. Бобцов А. А., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Разработка и исследование пьезопровода на основе многослойных тонкопленочных пьезоактюаторов // Сб. докл. 5-й Науч. конф. „Управление и информационные технологии“ (УИТ-2008). 2008. Т. 2. С. 172—176.

Владимир Иванович Бойков

Сведения об авторах

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики;
E-mail: viboykov@mail.ru

Сергей Владимирович Быстров

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики;
E-mail: sbystrov@mail.ru

Анатолий Николаевич Коровьяков

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики;
E-mail: anatoliyru@mail.ru

Игорь Петрович Салмыгин

— ст. преподаватель; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра систем управления и информатики;
E-mail: igorsalmygin@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
систем управления и информатики

Поступила в редакцию
01.07.09 г.